

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON
Année scolaire 1919-1920. — N° 26

DE L'ÉPURATION DE L'EAU DE BOISSON
EN CAMPAGNE

LA JAVELLISATION

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le 30 Septembre 1919

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Albert GIRAUD

Né, le 5 novembre 1889, à Saint-Chamond (Loire).

Elève de l'École du Service de Santé Militaire,
Médecin aide-major de 1^{re} classe.



LYON

A. REY, IMPRIMEUR-ÉDITEUR DE L'UNIVERSITÉ

4, RUE GENTIL, 4

—
Septembre 1919

DE L'ÉPURATION DE L'EAU DE BOISSON
EN CAMPAGNE

LA JAVELLISATION

PERSONNEL DE LA FACULTÉ

MM. HUGOUNENQ DOYEN.
LÉPINE ASSESSEUR.

PROFESSEURS HONORAIRES

MM. AUGAGNEUR, SOULIER, CAZENEUVE, LÉPINE, PIERRET,
BEAUVISAGE, LACASSAGNE MORAT

PROFESSEURS

Cliniques médicales	MM. TEISSIER
Cliniques chirurgicales	ROQUE
Clinique obstétricale et Accouchements	BARD
Clinique ophtalmologique	TIXIER
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	BÉRARD
Clinique des maladies nerveuses et mentales	FABRE
Clinique des maladies des enfants	ROLLET
Clinique des maladies des femmes	NICOLAS
Physique biologique, Radiologie et Physiothérapie	LÉPINE (J.)
Chimie biologique	WEILL
Chimie organique et Toxicologie	POLLOSSON (A.)
Matière médicale et Botanique	CLUZET
Parasitologie et Histoire naturelle médicale	HUGOUNENQ
Anatomie	MOREL
Anatomie générale et Histologie	MOREAU
Physiologie	GUIART
Pathologie interne	TESTUT
Pathologie et Thérapeutiques générales	X...
Anatomie pathologique	DOYON
Médecine opératoire	COLLET
Médecine expérimentale et comparée	X...
Médecine légale	PAVIOT
Hygiène	POLLOSSON (M.)
Thérapeutique	X...
Pharmacologie	ETIENNE MARTIN
	COURMONT (P.)
	PIC
	FLORENCE

PROFESSEURS ADJOINTS

Maladies des oreilles, du nez et du larynx	MM. LANNOIS
Pathologie externe	VALLAS
Maladies des voies urinaires	ROCHET

CHARGÉS DE COURS COMPLÉMENTAIRES

Chimie minérale	MM. BARRAL,	agrégé
Propédeutique de gynécologie	CONDAMIN	—
Chirurgie infantile	NOVE-JOSSERAND,	—
Accouchements	COMMANDEUR,	—
Embryologie	LATARJET,	—
Anatomie topographique	PATEL,	—
Botanique	BRETIN,	—
Chirurgie expérimentale	VILLARD,	—
Clinique infantile	MOURIQUAND,	—
Déontologie et médecine professionnelle	X...	—

AGRÉGÉS

MM.	MM.	MM.	MM.
BARRAL	BRETIN	ARLOING (F.)	THEVENOT (Lucien)
COMMANDEUR	LERICHE	GUILLEMARD	PIÉRY
NEVEU-LEMAIRE	THEVENOT (Léon)	POLICARD	COTTE
LAROYENNE	TAVERNIER	GARIN	DUROUX
VORON	CADE	SAVY	BONNAMOUR, chargé
NOGIER	MOURIQUAND	FROMENT	des fonctions.
LATARJET			SARVONAT id.

M. BAYLE, secrétaire.

EXAMINATEURS DE LA THÈSE

MM. COURMONT (P.), *Président*; MOREL, *Assesseur*;
MM. MOURIQUAND, et CADE, *Agrégés*.

La Faculté de médecine de Lyon déclare que les opinions émises dans les dissertations qui lui sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs, et qu'elle n'entend leur donner ni approbation ni improbation.

FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON
Année scolaire 1919-1920. — N° 26

DE L'ÉPURATION DE L'EAU DE BOISSON
EN CAMPAGNE

LA JAVELLISATION

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

Et soutenue publiquement le 30 Septembre 1919

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR EN MÉDECINE

PAR

Albert GIRAUD

Né, le 5 novembre 1889, à Saint-Chamond (Loire).

Élève de l'École du Service de Santé Militaire,

Médecin aide-major de 1^{re} classe.



LYON

A. REY, IMPRIMEUR-ÉDITEUR DE L'UNIVERSITÉ

4, RUE GENTIL, 4

Septembre 1919





Digitized by the Internet Archive
in 2026

A LA MÉMOIRE VÉNÉRÉE DE MA SŒUR

A LA MÉMOIRE DE MES CAMARADES

TOMBÉS AU CHAMP D'HONNEUR

A MA FEMME

A MES PARENTS

A TOUS CEUX QUI ME SONT CHERS

A MES AMIS

A mon Président de Thèse

MONSIEUR LE PROFESSEUR PAUL COURMONT

Il a droit à toute notre gratitude. Il nous a donné ses conseils et nous a fait l'honneur d'accepter de présider notre thèse.

A MONSIEUR LE MÉDECIN PRINCIPAL DOPTER

Professeur au Val-de Grâce

Il nous a guidé dans le choix du sujet de notre thèse et nous en a donné les éléments. Il nous a prodigué ses conseils. Nous lui devons notre plus profonde reconnaissance.

A MONSIEUR LE MÉDECIN-INSPECTEUR SIMONIN

Directeur de l'École du Service de Santé Militaire

Hommage de notre plus profond respect.

A MONSIEUR LE MÉDECIN-INSPECTEUR BASSÈRES

Il a toujours eu pour nous de la bienveillance. Nous lui devons notre sincère reconnaissance.

A MONSIEUR LE MÉDECIN PRINCIPAL PAUL ROUX

Il nous a guidé dans nos études en nous prodiguant ses conseils. Il s'est toujours intéressé à notre instruction. Nous lui devons notre plus profonde reconnaissance.

A MONSIEUR LE DOCTEUR LUCIEN DREYFUS

Il a droit à toute notre gratitude pour l'enseignement médical qu'il nous donna avec tant d'amabilité.

A MONSIEUR LE DOCTEUR G. LARDENNOIS

Chirurgien des Hôpitaux de Paris.

Il nous a fait l'honneur de nous accepter parmi ses élèves. Notre instruction chirurgicale en a retiré d'importants bénéfices. Nous lui devons notre profonde reconnaissance.

A MONSIEUR LE MÉDECIN PRINCIPAL RIEUX

Professeur agrégé au Val-de-Grâce.

Les leçons cliniques qu'il nous a données nous furent très profitables. Notre reconnaissance ne l'oubliera pas.

A MES MAÎTRES CIVILS ET MILITAIRES

DE L'ÉPURATION DE L'EAU DE BOISSON
EN CAMPAGNE

LA JAVELLISATION

INTRODUCTION

La recherche des eaux potables fut depuis les temps les plus reculés de l'histoire une des grandes nécessités sociales. On sait avec quels soucis les Romains se sont occupés des eaux de boisson et quels sont les travaux considérables qu'ils ont mis en œuvre pour s'en approvisionner abondamment.

Toutes les collectivités ont été obligées de s'intéresser à leur alimentation en eaux. Au fur et à mesure que la connaissance de l'étiologie des maladies hydriques devint plus parfaite, la surveillance des eaux de boisson devint de plus en plus rigoureuse.

Des épidémies soulevèrent l'émotion d'un grand nombre de villes. De tous côtés on rechercha, par des procédés de purification, la destruction des agents pathogènes véhiculés par les eaux.

Si l'on s'était attaché jusque là à ne capter que

des sources ou des rivières, à n'établir que des dérivations, des canalisations fournissant une eau claire, ayant une composition chimique normale, en somme de bonne qualité, il devenait de la plus haute importance de protéger cette eau contre toute cause de contamination possible, de la défendre énergiquement contre les invasions microbiennes l'utilisant comme moyen de transport. Ces notions de protection et de défense contre les microbes pathogènes des eaux avaient succédé à la connaissance plus parfaite d'un certain nombre de maladies contagieuses épidémiques.

La mortalité très élevée que l'on avait observée dans toutes les épidémies typhoïdiques et cholériques devait troubler beaucoup de grandes villes et une grande préoccupation des hygiénistes allait être désormais la lutte contre les maladies hydriques.

Le bacille d'Eberth, qui possède à son actif des ravages considérables, devait être l'objet d'observations attentives. Par quels moyens se répandait-il avec tant de rapidité ? La question de la contagion de la fièvre typhoïde fut tout d'abord assez discutée, mais toutes les opinions ne tardèrent pas à se rallier, en France, autour de la contagion indirecte. L'eau potable était à la fois le milieu d'hébergement et le véhicule du bacille d'Eberth. D'ailleurs de nombreuses constatations vinrent à l'appui de cette thèse et l'on observa des épidémies (Paris 1911, Avignon 1912) qui rétrocédèrent et furent arrêtées rapidement sous l'influence d'une purification des eaux de boisson. Si toute épidémie typhoïdique massive est sans aucun doute d'origine hydrique, il est malheureusement très

difficile, pratiquement, de déceler le bacille pathogène dans l'eau, malgré qu'il y ait une vitalité très grande.

Le vibrion cholérique, comme le bacille typhique a lui aussi le même habitat préféré. L'eau potable se trouve être son mode de transmission le plus fréquent. Toutes les épidémies de choléra que l'on a pu étudier et qui ont eu une certaine importance (exemple Marseille 1911) ont révélé, dans les villes atteintes, que les groupes d'individus ayant succombé au fléau avaient été desservis par une même canalisation infectée (J. Courmont). La recherche du vibrion cholérique est aussi difficile dans l'eau que celle du bacille d'Eberth, en raison de sa faible résistance qui ne lui permet pas de lutter longtemps contre la concurrence vitale. (Dopter et Sacquepée).

L'eau joue également un très grand rôle dans la propagation de beaucoup d'affections, telles les dysenteries et diverses formes de diarrhées ou d'embarras gastriques.

Dans la dysenterie bacillaire la contagion se fait surtout par les eaux de boisson. Dans la dysenterie amibienne on ne peut pas dire que l'amibe emprunte uniquement ce mode de dissémination, en tous les cas l'eau joue certainement un rôle très important.

Tous ces microbes pathogènes ont une vitalité telle qu'ils ne peuvent subsister longtemps dans les eaux. S'ils y restent suffisamment pour commettre leurs nombreux méfaits, on arrive très difficilement à déceler leur présence et à les cultiver, ils ont disparu depuis longtemps lorsque se déclare l'épidémie. Heureusement une mauvaise graine, le coli bacille,

beaucoup plus résistante, les accompagne toujours. Sa vitalité considérable a permis aux bactériologistes de le rechercher et par suite d'apprécier par des analyses qualitatives et quantitatives la valeur d'une eau de boisson. Il est un principe, à la base de toute recherche sur la qualité d'une eau, admis aujourd'hui par tout le monde : la présence du coli bacille dans une eau indique toujours une contamination humaine ou animale, ce micro-organisme étant un hôte normal de l'intestin de l'homme et de différents animaux domestiques. C'est donc sur lui que s'appuieront toutes les analyses bactériologiques.

CHAPITRE PREMIER

ÉPURATION DES EAUX DE BOISSON

AU DÉBUT DE LA GUERRE

La nécessité, pour les armées en campagne, d'une épuration des eaux était absolue. Les hygiénistes se trouvaient dans l'obligation de diminuer le plus possible la mortalité et la morbidité des maladies hydriques. Ils devaient se préoccuper de donner aux hommes une eau vraiment potable, débarrassée de toute la flore microbienne qui pouvait la rendre dangereuse.

Avec la longue stabilité primitive du front des opérations, on ne tardait pas à s'apercevoir que toutes les eaux étaient contaminées. Malgré toutes les précautions que l'on pouvait prendre pour les garantir, le coli bacille se retrouvait partout avec un plus ou moins grand nombre de germes. D'autre part, vu la variété considérable des conditions géologiques et par conséquent de la nature des eaux, il était impossible de ne pas prendre des mesures énergiques pour empêcher l'éclosion, dans les armées, d'épidémies

redoutables qui, jadis, les avaient toujours accompagnées. Une épuration méthodique de toutes les eaux de boisson était obligatoire.

La grosse difficulté à laquelle on se heurta, dès le début de la campagne, était de trouver un procédé d'épuration qui permit la destruction des germes pathogènes, applicable dans toutes les circonstances de combat, dans n'importe quelle région du front. Les hygiénistes n'étaient pas tous d'accord sur le moyen à employer.

Depuis de nombreuses années avant la guerre, M. Vaillard avait prévu que seuls des procédés chimiques pourraient être utilisés en campagne. Les procédés physiques qui avaient eu, à juste titre, tant de faveur en temps de paix, ne pouvaient pas être applicables aux armées sur une vaste échelle pour des raisons économiques. L'ébullition, l'ozone, les rayons ultra-violets restaient des procédés de choix que l'on ne pouvait songer réaliser sur le front. Les procédés mécaniques, la filtration avec ses différentes variétés de filtres, ne pouvaient qu'obtenir peu de faveur. Il n'en était pas ainsi des procédés chimiques. Nous savions depuis longtemps que différentes substances antiseptiques jouissaient à faible dose de la propriété intéressante de détruire tous les micro-organismes des eaux. Seuls quelques saprophytes non pathogènes continuaient à vivre sans que leur présence n'offre aucun danger pour l'alimentation.

Parmi ces nombreuses substances, quelques-unes avaient été retenues : l'iode, le permanganate de potasse, les composés oxychlorés.

§ 1. Iode.

L'iode à l'état naissant était connu comme très bactéricide. MM. Vaillard et Georges avaient préconisé l'emploi de comprimés tricolores permettant de purifier de petites quantités d'eau. Les comprimés étaient vendus dans le commerce et dosés pour 1 litre d'eau. Le comprimé bleu, coloré par addition légère de bleu de méthylène, renfermait de l'iodure de potassium et de l'iodate de soude ; le comprimé coloré en rouge par la fuschine de l'acide tartrique, et le comprimé blanc n'était autre que de l'hyposulfite de soude servant à décolorer l'eau et à neutraliser l'excès d'iode.

Au début de la campagne, alors que la sélection n'était pas encore faite au sujet des procédés d'épuration, la Direction générale du Service de Santé du groupe des armées d'opérations disait dans une instruction du 27 octobre 1914 : « Le procédé d'épuration des eaux par l'iode est d'une grande simplicité. Sa technique est des plus simples. On clarifie l'eau par un moyen quelconque si elle est trouble ; après quoi on ajoute de l'iode jusqu'à légère coloration jaune brun du liquide. On laisse l'iode agir pendant dix minutes environ, puis on ajoute au liquide de l'hyposulfite de soude...

« On peut employer à cet effet l'iode métalloïde ou à l'état naissant.

« Un procédé pratique d'utilisation de l'iode consiste à ajouter à 1 litre d'eau VI à VIII gouttes de teinture d'iode à 1 pour 20 (ce qui représente 4

« à 5 milligrammes d'iode par litre d'eau). On neutralise ensuite l'excès par addition d'une petite quantité d'hyposulfite de soude et on en masque la saveur par addition d'une cuillerée à bouche d'infusion de thé ou de café. »

Cette même instruction conseille également comme autre moyen pratique d'épuration par l'iode l'utilisation des comprimés d'iode répandus dans toutes les armées, contenant 0 gr. 85 d'iode pouvant servir à purifier 200 litres d'eau, en laissant agir une dizaine de minutes et en neutralisant ensuite par l'hyposulfite comme précédemment.

§ 2. Permanganate de potasse.

Ce procédé, reconnu comme très efficace, avait déjà été utilisé par l'armée coloniale avant la guerre. Il était logique qu'en 1914 on se souvînt des bons résultats obtenus en traitant les eaux de boisson par le permanganate. Des doses de 2 à 4 centigrammes par litre provoquaient la disparition rapide et complète de tous les microbes pathogènes. L'eau restait colorée jusqu'à ce que toutes les matières organiques qu'elle contenait soient réduites. Le permanganate restant non employé était précipité le plus généralement par de l'hyposulfite de soude. Une filtration de l'eau ainsi traitée était nécessaire pour en permettre l'ingestion. Les sels résultant de ces actions chimiques successives pouvant passer au travers du filtre n'offraient aucun danger au point de vue de la consommation. Ils étaient

surtout représentés par des quantités très faibles de sulfate de soude.

M. le Dr Garret avait préconisé en janvier 1915 l'utilisation du permanganate de potassium suivant la formule du pharmacien-major Laurent :

1° Epuration avec :

Permanganate de potassium . . .	0 gr. 03
Alun finement pulvérisé. . . .	0 gr. 06

Dose pour 1 litre avec dix minutes de contact.

2° Précipitation avec :

Hyposulfite de sodium	0 gr. 03
Carbonate de sodium.	0 gr. 06

Un contact de cinq minutes était alors suffisant.

3° Filtration avec un simple entonnoir garni de coton hydrophile.

Aux armées, ce fut le procédé Georges Lambert qui fut utilisé. L'instruction du 27 octobre 1914 de la Direction générale du Service de Santé donne les indications nécessaires à son mode d'emploi. La poudre oxydante n° 1 contenait :

Permanganate de potasse	0 gr. 60
Bioxyde de manganèse	0 gr. 50
Carbonate de chaux	0 gr. 20
Talc	3 gr. 70

La poudre réductrice n° 2 :

Hyposulfite de soude.	0 gr. 60
Talc	4 gr. 40

Ces quantités étaient destinées à l'épuration de 10 litres d'eau. On dissolvait d'abord la poudre n° 1 et, après un contact d'une demi-heure, l'eau à épurer restant colorée en rose si la dose avait été suffisante, on ajoutait la poudre n° 2. On obtenait ainsi, au bout d'une dizaine de minutes, une coloration brune. La filtration avait lieu sur un tampon d'ouate hydrophile ou mieux dans un filtre Garret.

Ce procédé fournissait une eau dépourvue de microbes pathogènes, et dont la saveur n'était en rien modifiée.

§ 3. Composés oxychlorés.

Les composés oxychlorés avaient déjà joué un grand rôle et avaient été utilisés avec succès depuis plusieurs années. Parmi eux le peroxyde de chlore, le chlorure de chaux, l'hypochlorite de soude ou eau de Javel, avaient eu successivement la faveur des hygiénistes. Ils avaient été l'objet d'intéressantes recherches. On avait étudié leurs propriétés bactéricides.

Le peroxyde de chlore oxydant des plus énergiques était capable de fournir une stérilisation rapide à des doses variant de 0 mg. 8 à 3 milligrammes par litre d'eau (Bonjean). L'exploitation de ce procédé, nous disent MM. Dopter et Rouquette, a donné lieu, au point de vue chimique, à des mécomptes qui l'ont fait abandonner.

Les propriétés du chlorure de chaux avaient eu, au contraire, d'importantes applications en Angleterre et

en Amérique. Sa teneur très élevée en chlore l'avait fait rechercher. La Ville de Paris, dès les premiers jours des hostilités, s'approvisionna abondamment d'hypochlorite de chaux renfermant, à l'état solide, trois fois plus de chlore que les solutions concentrées d'eau de Javel du commerce. Il eut été impossible de trouver les quantités d'eau de Javel nécessaire à l'approvisionnement de Paris (Dienert). Pour épurer de grandes quantités d'eau il fallait obtenir une solution d'hypochlorite de chaux, par lavages successifs, solution pouvant renfermer de 50 à 55 grammes de chlore libre par litre. Il y avait avantage à utiliser les solutions concentrées et bien claires d'eau de Javel trouvées dans le commerce, malgré leur titre très variable en chlore.

§ 4. Qualités d'un procédé d'épuration des eaux en campagne.

Ces divers procédés, préconisés avant la guerre, devaient naturellement subir une sélection. Il n'était pas possible de les utiliser tous. Les hygiénistes se trouvaient dans l'obligation de choisir celui qui leur présentait les plus grandes qualités.

Insensiblement on les abandonna.

Quelles étaient les qualités que devait présenter un procédé d'épuration des eaux de boisson ?

La substance employée devait être suffisamment bactéricide, sinon pour réduire dans les plus fortes proportions le nombre des germes, du moins pour

tuer tous les microbes pathogènes, en modifiant le moins possible la constitution chimique de l'eau. Il était facile de se rendre compte de la valeur d'un procédé en comparant par des analyses bactériologiques antérieures et postérieures à la purification, quelles étaient les modifications biologiques qui en avaient résulté.

Il était nécessaire que cette eau épurée puisse être ingérée sans être susceptible de créer des troubles organiques résultant de la proportion trop grande de substance antiseptique qu'on y aurait ajouté.

Un tel moyen d'épuration devait être simple, d'installation facile, pouvant s'improviser rapidement. Avec la grande densité des troupes, il fallait pouvoir l'employer partout, aussi bien sur la ligne de feu que dans les cantonnements de repos.

Une grande qualité qu'il devait présenter, devait être la modicité de son prix de revient. Il était très important, vu le nombre considérable d'installations et la grande quantité de substance chimique à employer de ne point se désintéresser de la question économique.

D'autre part, il fallait se préoccuper de fournir aux armées une quantité d'eau potable suffisamment abondante. Le procédé d'épuration devait permettre à toutes les périodes de l'année, dans n'importe quelles conditions de combat, la stérilisation de l'eau de boisson indispensable à un nombre d'homme très élevé.

En outre, et ce n'était point là chose facile, faire accepter aux troupes une eau épurée chimiquement.

On devait se butter à une résistance naturelle, inhérente au tempérament français, défiant par principe, ne considérant pas toujours avec bienveillance les lois dictées par l'Hygiène sociale.

La javellisation s'est imposée. Elle réunissait le plus grand nombre de ces qualités.

CHAPITRE II

LA JAVELLISATION

TECHNIQUE GÉNÉRALE

Les premières applications de ce procédé d'épuration des eaux eurent lieu en Angleterre et en Amérique (Dopter et Rouquette). En France la javellisation fut peu utilisée. Elle a été appliquée à Paris en 1911, à Avignon en 1912, lors d'épidémies de fièvre typhoïde, à Marseille pour enrayer l'épidémie de choléra de 1911. L'historique de la javellisation a été complètement étudié dans la thèse du Dr L. Hermann.

La javellisation consiste à traiter une eau de boisson polluée, par une solution titrée d'hypochlorite de soude que l'on trouve dans le commerce sous le nom d'extrait de Javel.

La réaction chimique qui se produit consiste en une mise, en liberté de chlore, oxydant énergique, qui va réduire les matières organiques et tuer presque tous les germes contenus dans cette eau.

Cette réaction est basée sur un principe depuis très

longtemps connu, à savoir que les hypochlorites se décomposent très facilement sous l'influence des acides les plus faibles. Si l'on ajoute, par conséquent, à une eau quelconque, une solution d'extrait de Javel, l'anhydride carbonique dissous déclanchera la décomposition de l'hypochlorite de soude, en donnant naissance à de l'acide hypochloreux peu stable et à un carbonate alcalin neutre. L'acide hypochloreux formé se décomposera à son tour pour donner du chlore, de l'oxygène et de l'eau. Ce chlore en liberté donne avec les matières organiques des chlorures dont la présence dans l'eau est sans aucun inconvénient, le seul qui existe en quantité notable étant le chlorure de sodium.

Comme il s'agit surtout de réduire les matières organiques, on conçoit facilement que la quantité de chlore nécessaire et par suite d'extrait de Javel à ajouter, variera proportionnellement à la quantité de matière organique à oxyder et par conséquent suivant le degré de pollution de l'eau.

Il va sans dire que pour toutes les eaux de boisson à purifier une analyse bactériologique et chimique devra être faite au préalable pour fixer d'une façon précise à la fois la numération des germes et le dosage de la matière organique.

En quoi consiste pratiquement la javellisation ?

1° Fixation du taux de javellisation. Ses variations.

2° Excès de chlore. Sa neutralisation.

3° Préparation et conservation d'une solution titrée stérilisante.

4° Mélange et distribution de cette solution à l'eau de boisson suivant les proportions indiquées par le taux de javellisation.

§ 1. Le taux de javellisation. — Ses variations.

Le taux de javellisation est la quantité de chlore actif nécessaire pour épurer un litre d'eau.

On ne peut pas donner de règle absolue sur la quantité d'extrait de Javel nécessaire et suffisante pour l'épuration d'une eau. Un grand nombre de facteurs interviennent. Les plus importants sont : la nature de l'eau, la qualité de l'eau de Javel employée, les conditions dans lesquelles s'opère la javellisation. Tous ces facteurs sont essentiellement variables avec les armées envisagées.

Pour la détermination du « taux de javellisation » il faut doser tout d'abord la quantité de matière organique contenue dans l'eau. Dans *Paris Médical*, d'août 1912, MM. Dopter et Rouquette disaient :
« Ce dosage s'effectue par la méthode au perman-
« ganate de potassium oxydant la matière organique
« en solution alcaline.

« Deux expériences de laboratoires effectuées sur
« les eaux ont démontré que, au point de vue chimique,
« dans un litre d'eau 1 milligramme de matière orga-
« nique absorbe trois quarts de milligramme de chlore.
« Au point de vue bactériologique, à cette dose,
« la stérilisation est effectuée. Pratiquement il faut se
« tenir au-dessus de ce minimum pour avoir un excès

« de chlore libre. La dose de 1 milligramme est la « dose à employer. »

M. Bonjean, en août 1915, prétend qu'il faudrait 2 milligrammes de chlore par litre pour 1 milligramme de matière organique et un traitement de 30 minutes au moins pour assurer la stérilisation.

Ultérieurement, en 1916 et en 1917, plusieurs chefs de laboratoire d'Armée ont rendu compte qu'ils utilisaient des taux souvent très inférieurs (0 mg. 6) pour la javellisation d'eaux contenant quelquefois jusqu'à 3 milligrammes de matière organique par litre, avec des résultats bactériologiques toujours satisfaisants.

Le problème consistant à déterminer exactement les doses de chlore à employer était donc plus difficile qu'il ne le paraissait tout d'abord. On ne pouvait pas se baser uniquement sur la quantité de matière organique contenue dans une eau polluée. Il ne faudra donc pas s'étonner de le voir résolu de façon différente aux diverses phases de la campagne.

Le 5 août 1914, une circulaire du Ministère de la guerre (7^e Direction) préconisait au sujet de l'épuration des eaux de boisson, pour une ville, des doses de chlore actif variant, par litre, entre 0 mg. 25 et 0 mg. 8. Elle conseillait d'adopter les chiffres suivants :

- 1^o Eaux de sources limpides peu chargées en matière organique : 0 mg. 25.
- 2^o Eaux de sources ou de rivières riches en matière organique, mais limpides ou légèrement troubles : 0 mg. 4.
- 3^o Eaux de rivières ou de fleuves très souillées, riches en matière organique, troubles : 0 mg. 8.

Elle ajoutait : « Ces doses sont des maxima qui pourront être réduites d'après les indications d'analyses bactériologiques si on en fait ».

La première instruction de la Direction générale du Service de santé du groupe des armées d'opérations ayant trait à l'épuration des eaux de boissons, datée du 27 octobre 1914, cite une note rédigée par M. le pharmacien-major de 1^{re} classe Nanta et dans laquelle on conseille « 8 milligrammes de chlore, quantité recon-
« nue nécessaire et suffisante pour stériliser 10 litres
« d'eau très impure ou 20 litres d'eau de pureté
« moyenne ». Une goutte d'extrait concentré de Javel titrant 83 gr. 7 de chlore par litre suffit pour 10 litres d'eau de pureté moyenne.

En somme, elle confirmait l'opinion déjà émise par la circulaire ministérielle précédente, à savoir que pour une eau très impure 0 mg. 8 de chlore actif était nécessaire et 0 mg. 4 suffisait pour une eau ordinaire.

Un peu plus tard, le 26 juin 1915, M. le Directeur général du Service de Santé fait paraître une circulaire dans laquelle il dit : « D'expériences récentes
« poursuivies dans plusieurs laboratoires d'armées et
« contrôlées par le Laboratoire central de bactériolo-
« gie, il résulte que la quantité d'extrait concentré de
« Javel utilisé pour l'épuration de l'eau de boisson
« doit être augmentée. Par modification aux indica-
« tions données à cet égard par l'instruction du
« 27 octobre 1914, la dose sera portée de I goutte à
« III ou IV gouttes d'extrait concentré pour 10 litres
« d'eau. » La quantité de chlore libre actif à ajouter

par litre est donc portée de 0 mg. 4 à 1 mg. 32 et à 1 mg. 76 c'est-à-dire à près de 2 milligrammes.

Un mois plus tard, le 12 juillet 1915, la 7^e Direction du Ministère de la guerre faisait paraître à son tour une nouvelle instruction dans laquelle elle notifie :

« Pour connaître la dose exacte de chlore nécessaire à la purification d'une eau donnée, il faudrait faire sur cette eau des essais de purification suivis d'analyses bactériologiques.

« Mais, en général, le temps et les moyens de procéder ainsi feront défaut et on adoptera alors, suivant les eaux auxquelles on aura affaire et, notamment, suivant leur teneur supposée en matière organique, les doses de chlore ci-après indiquées comme moyennes suffisantes dans la plupart des cas :

Eaux de sources limpides, vraisemblablement pauvres en matière organique : 1 milligramme de chlore actif par litre.

Eau de source, de puits, de cours d'eau, dont la limpidité n'est pas parfaite et qui paraît contenir une quantité notable de matière organique : 2 milligrammes.

Eau de puits, de cours d'eau, trouble et assez riche en matière organique : 3 milligrammes.

Ces doses de chlore augmentent donc considérablement et sont, d'ailleurs, confirmées à nouveau par une autre circulaire du 25 septembre 1915, de la Direction générale du Service de Santé du G. Q. G., qui conseille d'ajouter, suivant la qualité de l'eau, de 1 à 3 milligrammes de chlore.

Le taux de la javellisation va donc croissant de 1914 à la fin de l'année 1915.

Le 17 janvier 1916, M. le capitaine Mercier, de l'Inspection du Service des Eaux du G. Q. G., après une mission qu'il fit pour visiter des installations d'eau potable de la région fortifiée de Dunkerque, rendit compte que la stérilisation de l'eau se faisait dans des voitures à un dosage variant de 1 à 3 milligrammes par litre. Dans les voitures où on avait traité l'eau avec 1 milligramme, il révéla la présence d'un excès de chlore de 0 mg. 3 par litre. La quantité d'hypochlorite employée était donc trop forte. Dans les voitures où le traitement se faisait à la dose de 3 milligrammes, on neutralisait le chlore en excès par l'hyposulfite de soude, ce qui n'empêchait pas M. le capitaine Mercier d'ajouter : « Si bactériologiquement
« le résultat obtenu est satisfaisant, les analyses ne
« révélant pas la présence de coli bacilles, il ne l'est
« pas au point de vue du goût, qui est un goût phar-
« maceutique très accentué et désagréable dont les
« hommes se plaignent. »

Durant l'année 1916, on devient plus éclectique. Tout le monde paraît d'accord pour préconiser de nombreux essais de javellisation, contrôlés par des analyses bactériologiques, essais suivis de la recherche du chlore libre à l'aide d'un réactif ioduré amidonné.

§ 2. Excès de chlore, sa neutralisation.

Cette recherche de l'excès de chlore après le traitement par l'eau de Javel avait été conseillée par une

lettre de la Direction générale du Service de Santé du 25 septembre 1915 et rappelée par une instruction complémentaire du G. Q. G. (D. A.) le 14 février 1916 :

« La quantité d'hypochlorite nécessaire pour assurer
« la stérilisation d'une eau..... doit être telle qu'une
« demi-heure après contact il reste encore dans l'eau
« traitée des traces de chlore libre, mais qu'il n'en
« reste que des traces (c'est-à-dire de 0 mg. 1 à
« 0 mg. 2 de chlore par litre). »

Au point de vue bactériologique, la détermination de la quantité de chlore à employer était facile, c'était la dose la plus faible, qui dans des conditions données d'installation provoquait la disparition du coli bacille. Au point de vue chimique, c'était celle dont on retrouvait encore quelques traces une demi-heure après le début du traitement.

Avant de distribuer l'eau, devait-on détruire le chlore libre? L'ingestion d'une eau javellisée dans laquelle persistait un excès de chlore pouvait ne pas être sans inconvénient sur l'organisme, et d'ailleurs son odeur spéciale fort désagréable attirait la méfiance des hommes et la rendait très impopulaire. Un autre inconvénient, signalé par M. Dienert, lorsque les eaux circulent dans des canalisations en plomb, était dû à la dissolution de petites quantités de plomb. Pour toutes ces raisons, la question de la neutralisation de cet excès de chlore était importante.

On savait depuis longtemps que le bisulfite et l'hyposulfite de soude pouvaient être avantageusement employés comme destructeurs du chlore libre. Dans l'instruction du 27 octobre 1914 déjà citée, il est

prescrit : « On fera disparaître l'excès de chlore, s'il y
« a lieu, par addition de I, II ou III gouttes d'une
« solution d'hyposulfite de soude au 1/10^e, suivant le
« besoin. » M. Dienert préconise également l'hypo-
sulfite, facile à se procurer, plus facilement soluble
dans l'eau que le sulfite et d'action beaucoup plus
grande à poids égal. Il attire également l'attention
sur le traitement des eaux javellisées par l'ammoniaque
lorsqu'on est obligé de détruire l'excès de chlore
immédiatement après l'introduction de l'hypochlo-
rite.

Enfin M. Ferrand, en janvier 1916, démontre
l'action plus rapide de l'eau oxygénée en comparaison
de celle de l'hyposulfite, action qui augmente le
pouvoir oxydant du chlore.

Toutes ces substances qui présentaient réellement
un intérêt scientifique avaient le défaut de coûter
souvent fort cher, venant compliquer encore la question
économique. Il fallait trouver une solution qui puisse
permettre de purifier l'eau, sans avoir besoin d'y
ajouter des quantités de chlore telles que l'on soit
ensuite obligé d'en neutraliser l'excès. Ce problème,
assez difficile à résoudre, nécessitait une bonne orga-
nisation. Il fut résolu et, dès la fin de 1916, dans
presque toutes les installations importantes d'eau
potable aux armées, c'est la javellisation à faible dose
et même à doses ultra-réduites qui l'emporte avec des
résultats partout très satisfaisants.

§ 3. Préparation et conservation de la solution titrée stérilisante.

Le taux de javellisation bien déterminé, comment allait-on préparer une solution titrée, comment utiliser la solution d'extrait concentré de Javel mise à la disposition des armées ?

Les solutions vendues dans le commerce renferment une proportion très variable de chlore. Elles s'altèrent très rapidement avec le temps, sous l'influence de l'air, de la lumière, de la chaleur, et cela d'autant plus qu'elles sont moins riches en chlore.

Pour ces différentes raisons, un grand nombre d'instructions ont fixé de façon très précise la nécessité absolue, avant toute utilisation d'hypochlorite, d'en rechercher la teneur en chlore et d'en titrer la solution.

En moyenne, un litre d'extrait de Javel concentré renferme environ de 80 à 90 grammes de chlore. Les solutions plus étendues sont moins avantageuses, elles s'affaiblissent très rapidement.

La détermination du titre de l'eau de Javel à employer sera faite au préalable dans un laboratoire de chimie, le plus souvent à l'aide d'une solution titrée d'hyposulfite de soude, ou suivant la méthode dite de Gay-Lussac avec une solution chlorhydrique d'acide arsénieux à 4,42 pour 1.000.

Une fois le titre chlorométrique de l'extrait de Javel déterminé, il est préférable, pour plus de commodités et pour faciliter les manipulations, de procéder à la préparation d'une solution stérilisante concentrée

(au moins 50 pour 100), susceptible d'être distribuée et mélangée dans des conditions données, par chaque installation avec l'eau à épurer. La quantité préparée sera telle qu'on ne soit pas obligé de les renouveler à chaque instant dans les postes de javellisation. Cette solution conservée soigneusement dans des flacons en verre jaune, bouchés à l'émeri, d'une contenance maximum de 250 centimètres cubes, sera placée autant que possible à l'abri de la lumière (Malméjac).

§ 4. Mélange et distribution de la solution stérilisante à l'eau de boisson.

L'étude du mélange et de la distribution de la solution titrée d'hypochlorite de soude à l'eau a été conçue durant la campagne de façons très diverses.

La réalisation aux armées du principe de la javellisation a été sans cesse s'améliorant au fur et à mesure que la guerre de stationnement permit une organisation plus complète des postes et installations d'eau potable. On peut dire que l'épuration des eaux s'est toujours perfectionnée, quittant rapidement son stade embryonnaire : la javellisation continue, pour arriver bientôt à la javellisation automatique.

Au début de la campagne la stérilisation des eaux s'opérait dans des tonneaux, dans de vieilles futailles qui communiquaient à l'eau un « goût de bois » dont se plaignaient les hommes. Pour remédier à cet inconvénient, on rechercha si l'utilisation de tonneaux goudronnés, enduits de brai de résine, d'asphaltine, de cuves en tôle galvanisée, conserverait à l'eau

épurée sa fraîcheur sans lui communiquer aucun goût. On fit usage dans certaines armées de cuves en ciment, dans d'autres les grandes voitures du Touring-Club et les bateaux filtres rendirent d'importants services. En fin de compte on fut obligé de constater que seuls des dispositifs automatiques possédaient toutes les qualités requises pour assurer, à la fois, une javellisation parfaite et donner aux troupes une eau de boisson agréable, facilement acceptée.

Dans une instruction signée J. Joffre du 24 juin 1915 où est prescrite la javellisation systématique de toute eau de boisson on peut lire : « Des tonneaux ou
« autres récipients d'eau stérilisée seront placés en
« nombre suffisant, suivant l'importance des canton-
« nements et de préférence près des puits ou fontaines
« existants.

« Sur chaque point, on disposera au moins deux
« tonneaux ou récipients : l'un dans lequel les soldats
« puiseront l'eau de boisson et sur lequel sera placé
« un écriteau avec la mention : « Eau potable » ;
« l'autre dans lequel l'eau sera en cours de stérilisa-
« tion et sur lequel l'écriteau mobile sera placé
« lorsque l'eau sera devenue potable.

« Le commandement devra prendre toutes mesures
« nécessaires pour que les soldats s'alimentent
« exclusivement à ces tonneaux. » C'était la méthode la plus simple et la plus pratique de javellisation des eaux de boisson que l'on puisse fournir à des troupes en déplacement presque continu.

D'autre part, le 24 juin 1915, une autre note du général commandant en chef ordonne pour éviter aux

troupes la consommation d'eaux contaminées qu'il est indispensable, dans les périodes de marche, « de se
« mettre en mesure de transporter à la suite immé-
« diate des unités une quantité d'eau correspondante
« à environ un litre par homme pour l'effectif à
« alimenter. Il sera organisé en conséquence dès
« maintenant, au train de combat de chaque bataillon
« d'infanterie, un convoi léger de transport d'eau,
« composé en principe de deux voitures de réquisi-
« tion portant chacune un ou plusieurs tonneaux
« d'une capacité globale de 5 à 600 litres. »

On s'était préoccupé, en 1915, de certains résultats d'analyses ayant montré que la richesse en germes de certaines eaux javellisées dans des tonneaux de bois, restait aussi importante qu'avant tout traitement. Plusieurs expériences furent ordonnées par le G. Q. G. afin d'établir si réellement la javellisation était insuffisante, si elle était mal pratiquée ou si le nettoyage des tonneaux de bois avait une influence sur la disparition ou la persistance du nombre des germes. D'autres ordres prescrivirent la comparaison des résultats obtenus en tonneaux de bois, nettoyés, non nettoyés, en cuves métalliques, goudronnées, cimentées, galvanisées, enduites de brai de résine ou d'asphaltine.

Après toutes ces expériences pratiquées sur des eaux de mauvaise qualité, dans la nappe aquifère superficielle de l'Argonne, on a constaté, ainsi qu'il en est fait mention dans le Rapport de M. F. Remlinger, qu'il était tout à fait inexact de prétendre que la javellisation ne réduisait pas le nombre de germes.

On a remarqué qu'après chaque désinfection soignée des tonneaux, la proportion des germes était toujours plus grande. Les récipients utilisés étaient de vieilles futailles usagées. Les interstices de leur paroi interne n'étaient en réalité que des « nids à poussières » et les germes nombreux qui y pullulaient étaient mis en liberté par la brosse dure qui servait à la désinfection.

« A part de très rares exceptions, concernant des
« jours où l'eau extrêmement contaminée avait reçu
« une quantité de chlore insuffisante, eu égard au
« degré de la souillure (susceptible dans une nappe
« superficielle de varier dans une large mesure d'un
« moment à l'autre) la disparition du coli bacille a
« toujours été obtenue intégralement aussi bien dans
« les tonneaux que dans les cuves et il n'a pu être
« noté à ce point de vue aucune différence entre les
« différentes sortes de récipients. »

Une instruction du G. Q. G. du 14 février 1916 résume de façon très nette les analyses de laboratoires de diverses armées et du laboratoire central. « Si la
« stérilisation est bien faite, le récipient dans lequel
« elle s'effectue importe peu. Elle se produit dans
« des conditions sensiblement analogues soit dans
« des récipients en ciment, soit dans des récipients
« métalliques cimentés, ou enduits d'asphaltine, soit
« dans des récipients en bois passés au brai de résine
« ou enduits d'asphaltine. »

A l'aide de ces récipients l'épuration des eaux se réduisait à fort peu de choses. On savait quelles étaient les doses de liqueur titrée à employer pour

une quantité d'eau donnée, quelques compte-gouttes étaient suffisants pour ajouter à l'eau la solution d'extrait de Javel. On pouvait purifier de petites quantités d'eau. Si l'on avait affaire à des volumes plus considérables, à assurer l'alimentation de troupes nombreuses, il fallait créer des convois de transport d'eau et des points d'eau où se ferait l'approvisionnement. Il était nécessaire de donner à toutes les unités qui se ravitaillaient ainsi, non pas une eau à épurer, mais une eau déjà purifiée. On devait également avec le minimum de moyens matériels et avec le moins de personnel possible, pourvoir non seulement à cette rude tâche, mais exercer aussi une surveillance rigoureuse sur la nature et les qualités de l'eau distribuée.

Les compte-gouttes ne pouvaient plus suffire à une telle besogne, on devait trouver des systèmes permettant la javellisation de grands volumes d'eau.

CHAPITRE III

LES APPAREILS A JAVELLISATION

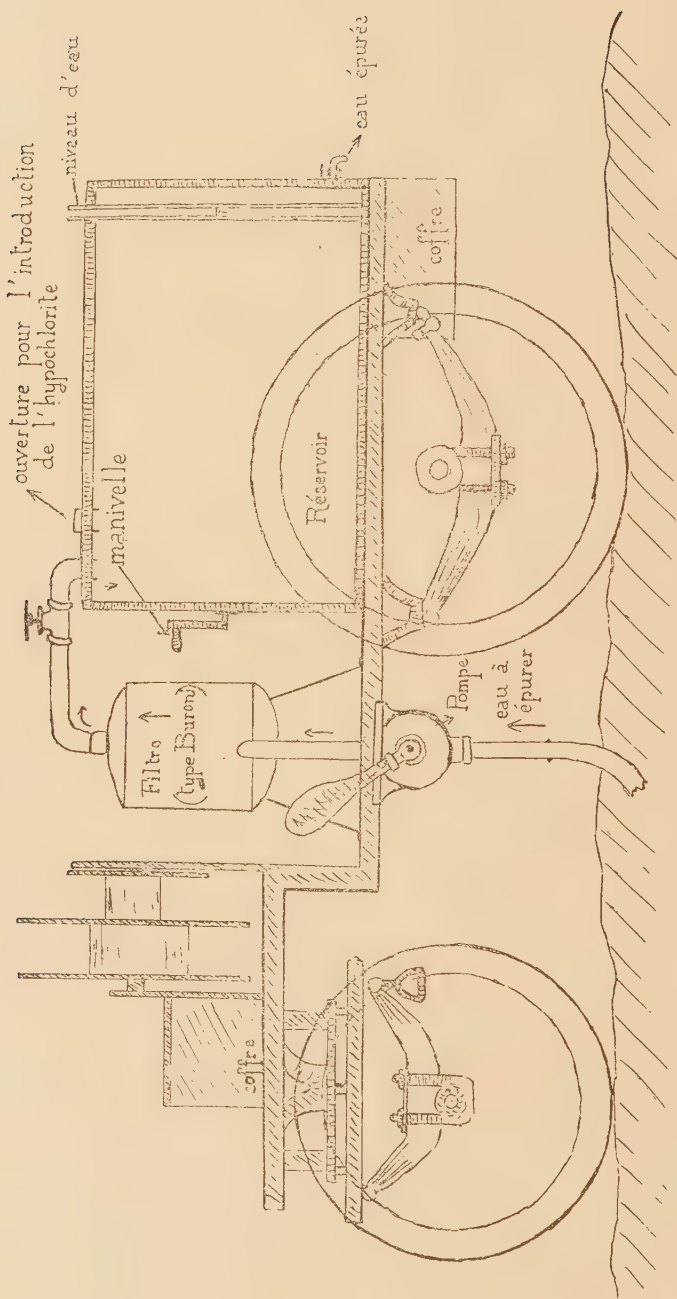
§ 1. Les voitures du Touring-Club de France.

Dans une instruction déjà citée du 24 juin 1915, il est prescrit que la javellisation sur chaque point se fera dans deux récipients, l'un renfermant l'eau potable, l'autre dans lequel l'eau sera en cours de stérilisation. C'est sur ce principe qu'est basé le type des voitures destinées à fournir l'eau potable, offertes à l'armée par le Touring-Club de France.

Ces voitures possèdent deux réservoirs métalliques pouvant être mis à volonté en communication avec une pompe qui les alimente en faisant passer l'eau au travers d'un filtre clarificateur à éponges (type Buron).

Ces réservoirs d'une capacité de 1.500 litres chacun reçoivent de l'eau clarifiée qui sera épurée par la suite à l'aide d'une solution titrée d'hypochlorite de soude introduite par un orifice du couvercle. Un agitateur à lames avec manivelle démontable permet d'assurer le mélange intime de l'hypochlorite et de l'eau.

Cinq robinets permettent la distribution individuelle de l'eau purifiée. Une pompe peut la refouler



Voiture du Touring-Club (offerte à l'armée).

dans des récipients quelconques destinés au transport.

Ces grandes voitures ont rendu de grands services aux armées. Leur utilité a été reconnue par le Service des eaux qui en a commandé d'autres petites, fabriquées sur le même type, mais possédant, en outre, une mobilité plus grande permettant des transports plus rapides à de plus grandes distances.

§ 2. Les bateaux-filtres.

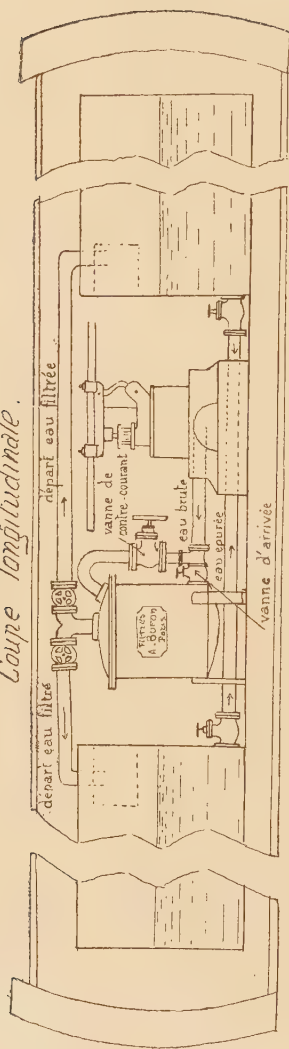
Les bateaux-filtres ont été construits sur le même principe, ce sont les bateaux métalliques du type dit « Flûte de l'Oureq » ayant pour dimensions principales : longueur de 28 m. 50 à 29 m. 10, largeur de 3 m. 08 à 3 m. 15, hauteur 1 m. 28. Ils renferment tous un système d'appareils destinés à la clarification, à l'épuration, à l'aspiration et à l'élévation d'une grande quantité d'eau.

1° Un clarificateur à éponge, système Buron, analogue à celui des voitures du Touring-Club permet la filtration avant son arrivée dans les réservoirs. Son débit moyen est d'environ 9 à 10 mètres cubes à l'heure.

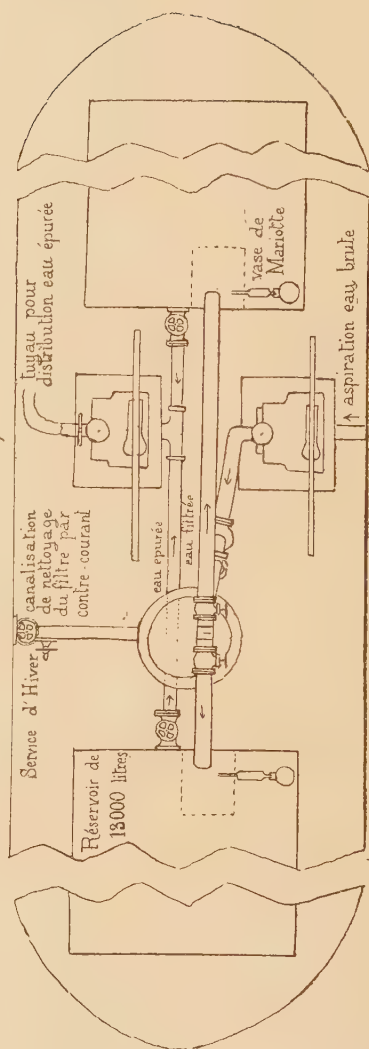
2° Les deux réservoirs en tôle se trouvent situés à chacune des extrémités du bateau et ont une contenance propre de 13 mètres cubes.

3° Chacun de ces récipients possède un flacon de Mariotte pour la distribution de l'hypochlorite. Le mélange de la solution stérilisante à l'eau est assuré dans une petite caisse située à la partie supérieure de chacun des réservoirs.

Coupe longitudinale.



Plan et Coupe.



Groupe épurateur sur une flûte du type « Ourcq ».

4° Une pompe à double effet permet d'aspirer de l'eau brute au canal ou à la rivière et de la refouler sous pression à travers le filtre. Une autre pompe semblable est destinée à refouler dans des tonneaux ou voitures-citernes l'eau filtrée épurée.

En puisant successivement dans les deux cuves, on peut distribuer continuellement 10 mètres cubes d'eau à l'heure.

§ 3. Javellisation continue de grands volumes d'eau.

Dans la circulaire ministérielle du 5 août 1914, envisageant surtout l'alimentation d'une ville, se trouve décrit un procédé simple permettant la javellisation continue de grands volumes d'eau.

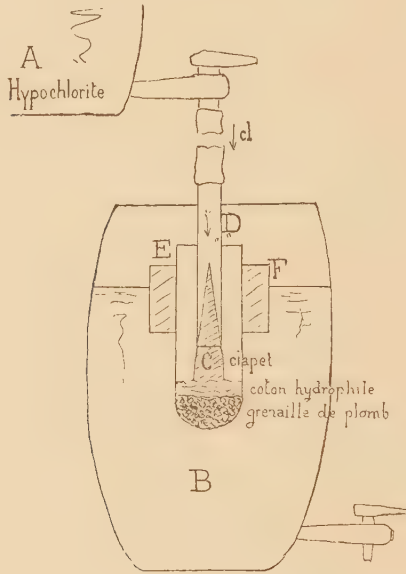
L'eau de Javel est placée dans un flacon en verre de forme droite ou forme tonnelet, d'une contenance de 5 à 10 litres. Ce récipient possède deux tubulures disposées de telle sorte que la pression est maintenue constante au niveau du robinet, assurant ainsi la régularité de l'écoulement. M. Dienert avait doté les postes de javellisation de la ville de Paris d'un petit clapet en verre, destiné à assurer également à la sortie du tonneau-réservoir d'hypochlorite un débit constant.

La solution d'hypochlorite arrive par le tube D à la base duquel se trouve le clapet triangulaire en verre C; ce dernier repose dans un tube à essai lesté par de la grenaille de plomb. Quand le niveau du tonneau B varie, le tube à essai entraîné par le flotteur augmente ou diminue l'ouverture du tube D.

L'équilibre se fait à un moment donné et le niveau de B reste constant.

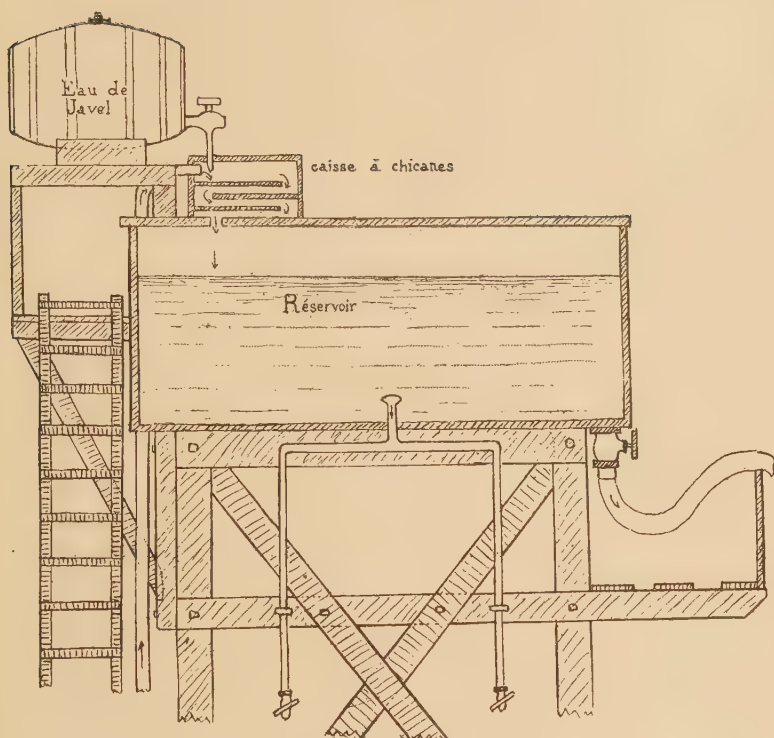
Ces dispositifs préalablement réglés pouvaient être utilisés au-dessus d'un réservoir de distribution.

Si l'eau à épurer provient d'une source à débit

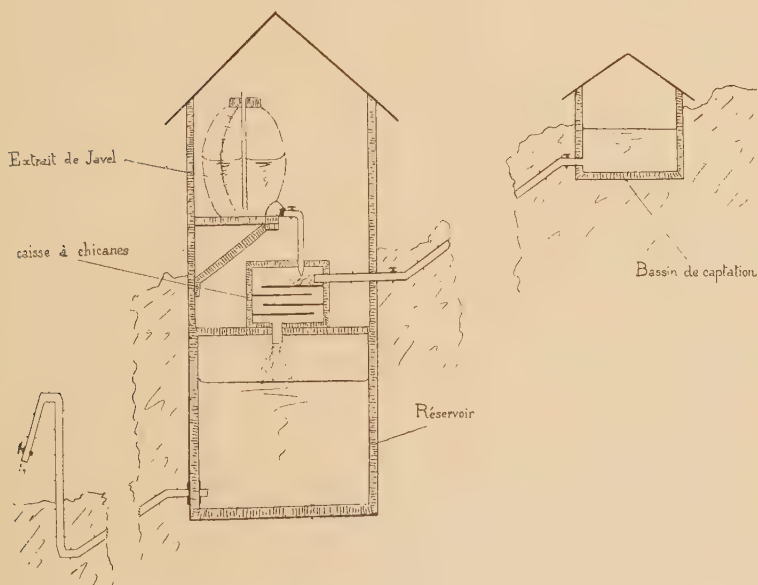


Dispositif DIENERT.

constant, on se servira d'un javelliseur analogue que l'on intercalera dans la veine liquide partie de la source. Une caisse à chicane permettra ensuite le mélange très intime de la solution d'hypochlorite avec l'eau. Des réservoirs pourront alimenter un poste de chargement ou de distribution. Il est nécessaire toutefois pour l'installation de ce dernier dispositif, qu'il existe une différence de niveau assez notable entre la source et les réservoirs.



Poste de javellisation.



Javellisation continue sur les sources à débit constant.

CHAPITRE IV

LA JAVELLISATION AUTOMATIQUE

La javellisation continue ne pouvait satisfaire tous les desiderata. La purification de grandes quantités d'eau, provenant de sources à débit variable devait entraîner des complications dans la façon de procéder. Un grand nombre d'inconvénients avaient été reconnus au fur et à mesure que l'épuration des eaux s'organisait. On s'était rapidement mis à la recherche, dans les armées, de procédés automatiques permettant une javellisation en synchronisme constant avec le débit de l'eau, réalisant le mélange le plus exact et le plus intime possible de la plus faible quantité d'hypochlorite nécessaire à l'épuration de l'eau.

La javellisation automatique devait posséder un certain nombre de qualités, les unes communes à la javellisation continue les autres constituant de sérieux avantages devant la faire préférer à cette dernière.

Elle devait être tout aussi facile à installer dans n'importe quel poste de prise d'eau. Elle ne devait pas exiger des dépenses trop considérables, pouvant être multipliée à volonté. On était en droit d'en attendre une économie notable d'extrait de Javel, les doses à

employer devant être réduites à la dose suffisante la plus faible.

La proportion du chlore contenue dans l'eau étant moindre, le goût désagréable qu'elle possédait purifiée à de fortes doses ne subsisterait pas. Elle serait plus facilement acceptée, sans aucune répulsion, de la part des hommes.

Une des grandes difficultés que l'on avait rencontrées dans les installations de javellisation continue sur des eaux moto-pompées, résidait dans la négligence possible de l'homme chargé d'ouvrir ou de fermer les robinets d'hypochlorite en temps voulu.

Un oubli pouvait supprimer brusquement, sans que l'on s'en aperçoive, toute épuration. Il fallait absolument pouvoir compter sur une javellisation certaine et ne point croire à une protection qui pourrait ne pas exister. La surveillance d'une installation automatique devait forcément être moindre et par conséquent pouvait être plus rigoureuse.

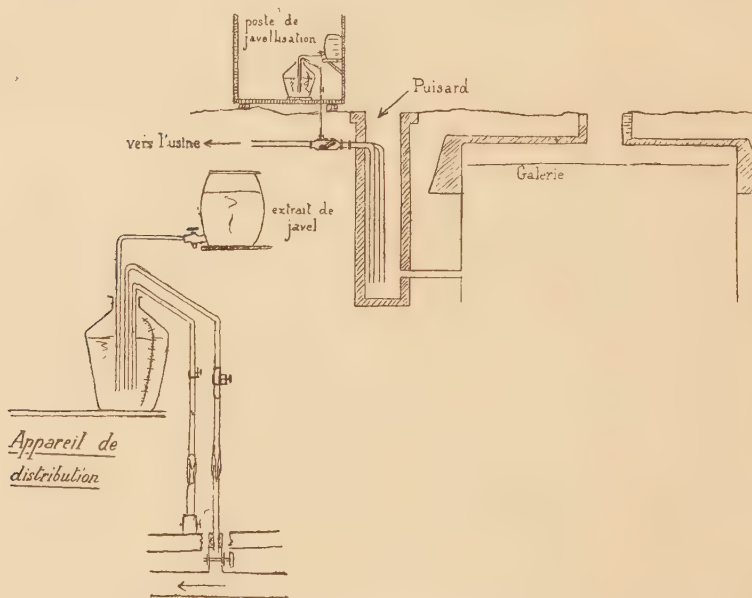
Un des avantages importants était le brassage plus intense de la solution stérilisante à l'eau, ce qui permettait non seulement l'utilisation d'une quantité plus réduite d'hypochlorite, mais encore, le mélange étant plus intime, une épuration plus complète.

§ 1. Poste de javellisation de Daours.

Dès août 1916, le Dr Orticoni, dans un rapport au Grand Quartier Général, décrit le poste de javellisation installé à l'usine élévatoire de Daours, sur la

Somme, et en fait ressortir l'importance et la parfaite organisation :

Cette usine alimentait en temps de paix la ville de Villers-Bretonneux. Par des canalisations secon-



Poste de javellisation installé à l'usine de Daours.

daïres elle fut appelée à fournir l'eau potable à plusieurs hôpitaux d'évacuation de la région, des Buttes (Marcelcave), de Wiencourt et à la commune de Lamotte-en-Santerre.

« La prise d'eau située entre la Somme et le canal
« de la Somme, en terre vaseuse, est constituée par
« une galerie de 10 mètres de long sur 2 mètres de
« large et 5 m. 17 de haut. L'axe de la galerie est à
« 7 mètres de la Somme et à 29 mètres du canal.

« Au milieu de la galerie est un puits de visite. Un
« tuyau relie cette galerie à un puisard de 7 mètres
« de profondeur sur 1 m. 70 de diamètre. Dans le
« puisard plongent, à environ 5 m. 50 au-dessous du
« sol, les crépines de deux tuyaux d'aspiration de
« l'usine élévatoire.

« L'usine élévatoire est essentiellement constituée
« par deux pompes accouplées. Les pistons sont
« actionnés par une turbine mue par l'eau de la
« Somme.....

« Le débit quotidien peut atteindre 700 mètres
« cubes. »

L'eau de la Somme est tout d'abord filtrée par la galerie. Néanmoins elle reste encore suspecte et mauvaise au point de vue bactériologique. De très fréquentes analyses ont montré que cette eau était, en outre, de composition très variable.

Nous reproduisons ici deux analyses donnant les plus grands écarts :

Aspect	15 juin 1916 limpide (absence de dépôt)	15 novembre 1916 louche (dépôt abondant)
Matières organiques .	3,1	8,6
Azote ammoniacal. .	moins de 0,1	moins de 0,1
Azote albuminoïde. .	d°	0,4
Nitrites	absence	très légères traces
Chlorures	24	27
Degré alcalimétrique.	225	260

La moins mauvaise de ces eaux contenait plus de 10.000 coli bacilles par litre.

La javellisation a été réalisée au moyen d'un

appareil branché sur les conduites d'aspiration au niveau des clapets de retenue. La solution est préparée dans deux tonnelets de 50 litres chacun, munis à leur partie inférieure d'un robinet raccordé par un tube de verre à l'appareil à distribution.

Une tourie en verre de 85 litres, graduée de 3 en 3 litres suivant une de ses génératrices, reçoit la solution titrée d'hypochlorite. Deux siphons identiques font communiquer la tourie aux deux tuyaux d'aspiration. Sur les branches descendantes de ces siphons se trouvent : 1° un raccord muni d'une pince à vis ; 2° un tube de verre effilé. Ce dispositif assure le réglage de l'écoulement de la solution stérilisante.

Chaque siphon se raccorde à la conduite aspiratrice correspondante.

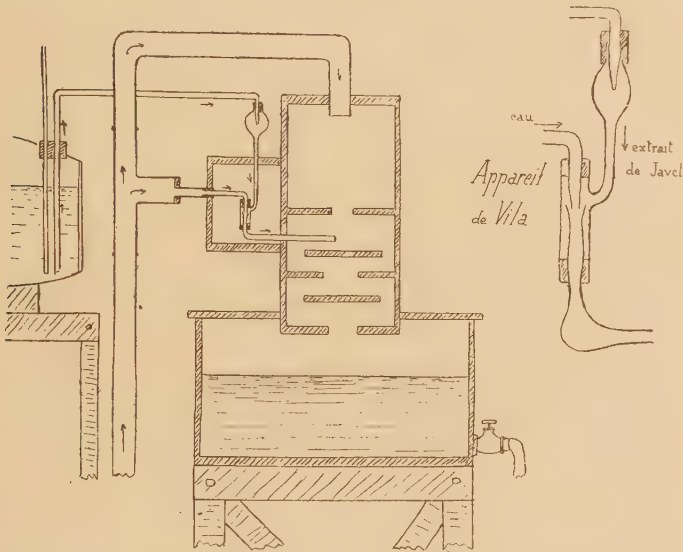
Ce poste de javellisation employait des doses de chlore actif de 0 mg. 6 à 0 mg. 7 par litre d'eau. Malgré ces faibles doses, la stérilisation était obtenue en moins de dix minutes.

§ 2. Appareil de Vila.

Dans une circulaire du 21 janvier 1917, conséquence d'un grand nombre d'observations attentives, le général commandant en chef, pour généraliser l'emploi de la javellisation automatique, qui doit être appliquée à tous les postes de chargements, donne la description d'un appareil : « Il comprend 1° un « tonnelet de 50 à 60 litres renfermant la solution « épurante ; 2° un aspirateur trompe et un mélangeur « réunis tous deux dans une double caisse en bois

« que l'on dispose au-dessus des réservoirs élevés sur
« des pylônes.

« a) Le tonnelet est placé horizontalement sur un
« chantier reposant lui-même sur une plateforme
« située au-dessus et à l'extérieur de la cuve de



Appareil de Vila.

« chargement. Deux orifices obturés par des bouchons
« de caoutchouc sont ménagés à la partie supérieure
« du tonnelet, le premier sert au remplissage, le
« bouchon du second est traversé par deux tubes de
« verre plongeant jusqu'au fond du tonnelet. L'un
« sert à la rentrée de l'air, l'autre conduit la solution
« hypochloritée jusqu'à l'appareil aspirateur et mélan-
« geur. La distance entre le fond du tonnelet et
« l'effilure de l'aspirateur doit être de 40 centimètres

« environ. Elle doit être soigneusement établie au moment de l'installation.

« *b)* L'aspirateur revêt le type des injecteurs Giffard et des trompes à faire le vide. » Cet appareil peut être avantageusement remplacé par un dispositif imaginé par Vila et construit avec des dimensions particulières. Son fonctionnement est très simple : dès que la moto-pompe est mise en action, une partie de l'eau refoulée dans le mélangeur passe dans la trompe. La dépression qui s'y produit provoque l'aspiration de la solution d'extrait de Javel qui se mélange dans la trompe même à l'eau refoulée. Elle se trouve ensuite brassée dans une caisse-mélangeur. Dès que l'arrêt se produit, l'aspirateur ne fonctionnant plus, la solution titrée n'arrive plus.

L'effilure d'arrivée de l'hypochlorite est calibrée de telle sorte qu'elle débite une quantité connue dans dans un temps donné.

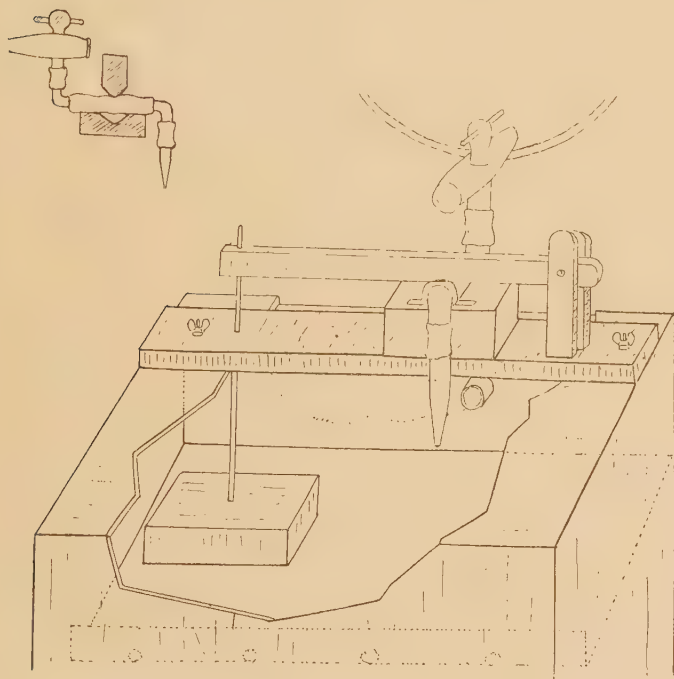
Cet appareil assure évidemment l'automatisme de la javellisation, mais il doit être surveillé, des obstructions pouvant se produire dans la trompe, rendant l'épuration inexistante.

§ 3. Appareil de Piault

c) Un autre dispositif automatique très simple, imaginé par le pharmacien auxiliaire Piault, permet le réglage de l'écoulement de la solution d'extrait de Javel en proportion directe avec le débit de l'eau. Il est basé sur le réglage automatique des robinets par flotteur.

Le robinet du récipient à hypochlorite et le tube effilé, sont reliés par un tube de caoutchouc pouvant être aplati par la pression d'un levier articulé en liaison avec un flotteur en bois.

Le flotteur nage dans un bassin sur lesquels les



Appareil de distribution automatique Piault.

variations du niveau de l'eau entraînent son ascension ou sa chute.

Ce bassin, situé à l'intérieur du mélangeur, est constitué par la première chicane dont le bord libre présente une planchette servant de bordure et dans laquelle sont percés un certain nombre de petits orifices.

Lorsque la moto-pompe est mise en marche, une certaine quantité d'eau est maintenue dans l'étage supérieur de la caisse-mélangeur, le flotteur reste élevé, le tube de caoutchouc restant libre, le liquide stérilisant s'écoule. Si l'arrivée de l'eau est interrompue, toute celle contenue dans le bassin s'écoule par les orifices du rebord de la première chicane, le flotteur descend, entraînant le levier dans sa chute, l'écoulement de l'hypochlorite s'arrête.

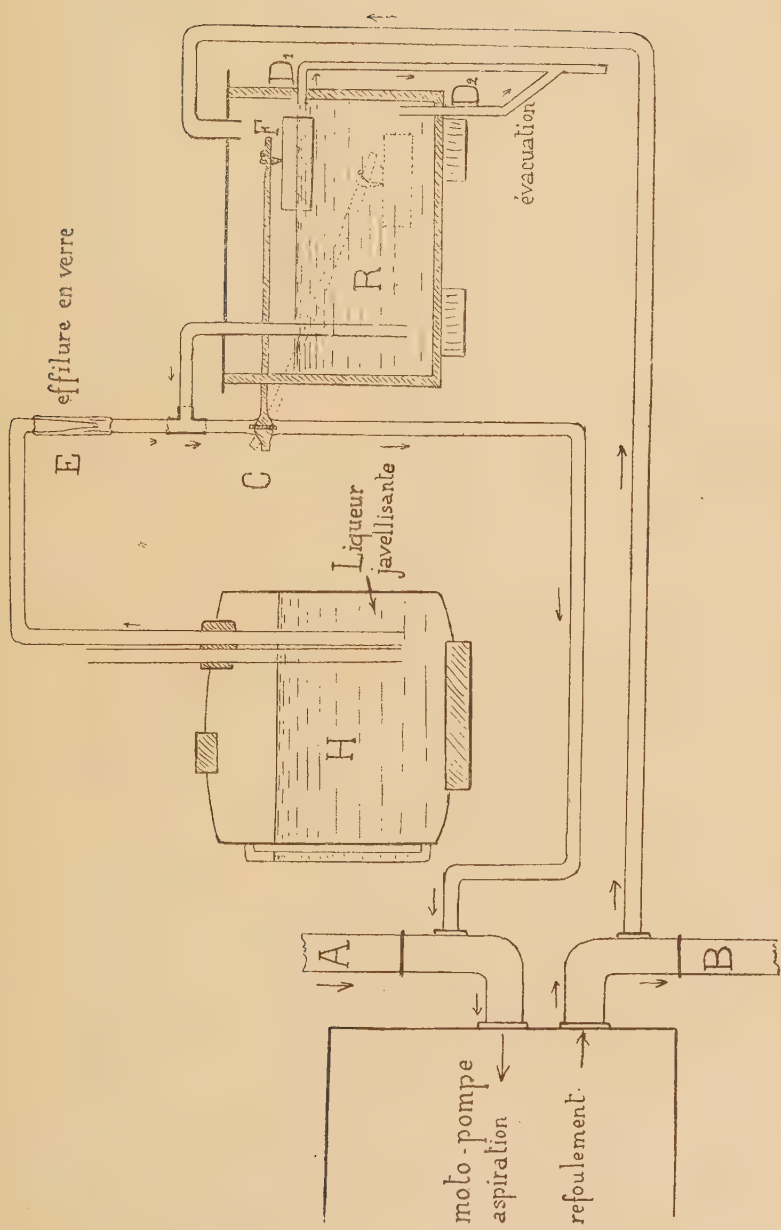
Cet appareil est très simple. Il mérite d'être pris en considération pour sa construction facile et la rapidité de son installation.

§ 4. Autojavelliseur de Bunau-Varilla.

Un autre système, l'autojavelliseur de Bunau Varilla, supprime les conséquences fâcheuse d'une négligence quelconque. Il est constitué par « un véritable enclanchement hydraulique, entre la pompe « et le réservoir de solution javellisante. La pompe « ne peut marcher sans que l'appareil soit chargé et « sans que la javellisation se fasse. La javellisation « ne peut continuer dès que la pompe s'arrête. »

Le tuyau d'aspiration A de la pompe est relié : d'une part avec le récipient à hypochlorite H par un tube comprenant dans une de ses parties une effilure E limitant le débit, d'autre part, à un petit réservoir R à air libre. (Ce réservoir est alimenté par un tuyau en liaison avec le refoulement de la moto-pompe.)

La liaison qui existe entre le réservoir et l'aspira-



Auto-javelliseur Bunau-Varilla.

tion assure le désamorçage immédiat en cas d'arrêt de la pompe et facilite le premier mélange de la solution stérilisante à l'eau, qui, sans cela, passerait trop concentrée dans la canalisation.

« Si le moto-pompiste oublie de remplir le barillet
« d'hypochlorite et si celui-ci tend à se vider, la
« pompe aspirera de l'air, elle cessera de pomper si
« c'est une pompe centrifuge et pompera avec un
« débit réduit si c'est une pompe à piston. Dans ces
« deux cas, il se produit un trouble qui avertit le
« moto-pompiste. »

Lorsque la pompe s'arrête, l'aspiration continue à se produire et la solution d'hypochlorite à s'écouler. Un robinet C placé sur la conduite aspiratrice de la pompe doit donc fermer le passage de l'extrait de Javel sitôt la pompe arrêtée. Pour cela, un flotteur F renversé, relié à ce robinet par un bras de levier, se trouve situé dans le réservoir à air libre. Lorsque ce récipient est vide, le robinet est fermé: s'il se remplit, le robinet s'ouvre.

Deux décharges sont fixées à ce réservoir. La première D₁, de grande dimension, permet l'écoulement du trop plein, la deuxième D₂ est située suffisamment basse pour que le flotteur se trouvant à son niveau obture complètement le robinet. Il est à noter que
« le débit de cette deuxième décharge est notable-
« ment inférieur au débit de la conduite d'alimenta-
« tion, de telle sorte que lorsque la pompe marche,
« l'eau arrivant dans le réservoir l'emplit très rapi-
« dement malgré l'écoulement inférieur ». Pour dé-
terminer le titre de la solution aspirée par l'auto-

javelliseur réalisant une épuration à la dose ultra-réduite de un dixième de milligramme de chlore par litre, il suffisait de connaître le débit de la motopompe, celui de l'effilure, et le titre de la solution d'extrait de Javel employée.

Ce dispositif permettant une javellisation à dose ultra réduite, réalisait un progrès très marqué sur tous les autres procédés.

RÉSULTATS

Cette évolution régulière de la javellisation due à la collaboration constante du Service de Santé et du Service des Eaux, s'était traduite par une amélioration considérable de l'épuration de l'eau de boisson.

Il était désormais acquis qu'une javellisation consciencieusement effectuée avec des postes bien organisés était capable de fournir à des armées nombreuses une eau potable très bonne. La saveur désagréable observée durant la première période de la campagne ne se retrouvait plus. Malheureusement, la javellisation devait supporter longtemps la méfiance des hommes ayant bu de l'eau dans laquelle subsistaient de trop grands excès de chlore dans des récipients non appropriés donnant à l'eau un mauvais goût.

Toutes les fois que les résultats bactériologiques furent médiocres ou mauvais, il y avait toujours une négligence ou un dosage mal fait à incriminer. Si au contraire on se conformait honnêtement aux principes indiqués, la disparition totale du coli bacille et la diminution considérable du nombre des germes étaient toujours observées. Il n'était pas noté de différence entre les diverses sortes de récipients employés,

Evidemment, il ne fallait pas attendre de ce procédé chimique d'épuration une disparition intégrale de la flore microbienne d'eaux souvent très polluées.

Dans le rapport de M. Remlinger, résultat de nombreuses analyses effectuées sur des eaux renfermant de 100.000 à 2 millions de germes par centimètre cube et de 1.000 à 50.000 coli bacilles par litre, on avait différencié avant l'épuration des espèces variées :

« *Micrococcus : caudatus candicans, prodigiosus.*

« *Staphylococcus : albus, aureus, citreus.*

« *Bacillus : mesentericus, subtilis, megaterium,*

« *mycoides concentricus, violaceus, luteus, flavus*

« *liquefaciens, fluorescens liquefaciens, fluorescens*

« *putridus, Bacterium termo.*

« Des sarcines, des levures, de nombreuses moi-

« sissures. »

Après la javellisation, les espèces résistantes ont toujours été reconnues pour banales et inoffensives. Seules des moisissures et quelques espèces microbiennes sporulées : *Bacillus subtilis*, *B. mesentericus*, furent identifiées. La diminution du nombre des germes a toujours été variant de 95 à 99 pour 100, résultats en accord avec ceux obtenus à Paris en 1911, où l'on avait observé une diminution de 98 pour 100.

Au bout de combien de temps pouvait-on considérer l'épuration obtenue ? La circulaire ministérielle du 5 août 1914 donnait comme principe qu'il ne fallait pas livrer à la consommation une eau traitée avant

une demi-heure. Durant la campagne et surtout avec l'installation de la javellisation automatique, l'épuration était obtenue plus rapidement : en moins de dix minutes à Daours et en quelques secondes seulement avec le dispositif de Bunau-Varilla.

Pendant combien de temps la javellisation restait-elle effective ? On peut considérer que les bons effets se maintiennent jusqu'à vingt-quatre heures. Ce terme marquant la limite extrême du moment où la diminution du nombre des germes cesse d'être observée. Au delà de vingt-quatre heures, les numérations décelaient ordinairement une augmentation progressive et considérable du nombre des germes parmi lesquels on ne retrouve, il est vrai, que des bactéries inoffensives, du *Bacterium termo*.

Parmi les divers dispositifs utilisés, la javellisation automatique, en synchronisme avec le débit de l'eau, avait montré dans la guerre de stationnement à quel degré de perfectionnement on pouvait arriver. Malheureusement des installations aussi bien organisées n'étaient pas compatibles avec la progression constante des armées. On ne pouvait pas obtenir au milieu des déplacements continuels, durant la guerre de mouvement qui caractérisa la dernière période de la campagne, une solution aussi parfaite du problème de l'épuration des eaux. Il fallait se contenter des dispositifs mobiles permettant tout de même de fournir aux soldats une eau de boisson épurée.

CONCLUSIONS

I. — Pendant la durée de la campagne, la plupart des eaux de boisson furent reconnues contaminées. L'épuration méthodique était une nécessité absolue.

II. — Parmi les divers procédés chimiques employés au début de la guerre, la javellisation s'est imposée. Ce fut le procédé le plus simple, le plus facile à installer, le plus économique.

III. — La quantité d'hypochlorite de soude nécessaire devait être déterminée, pour chaque variété d'eau de boisson, par une analyse chimique et les essais de javellisation contrôlés par des analyses chimiques et bactériologiques. La dose employée était la plus faible, qui provoquait sans excès de chlore l'épuration de cette eau.

IV. — On observa constamment la disparition du *B. coli* et le nombre des germes diminua dans des proportions variant entre 95 et 99 pour 100.

V. — La javellisation automatique fut reconnue

comme la solution du problème de l'épuration de l'eau de boisson dans la guerre de stationnement. Elle s'est révélée de qualité supérieure aux divers autres procédés employés durant la campagne. Ses avantages nombreux peuvent permettre de l'appliquer à l'hygiène coloniale et de la conseiller aux municipalités, aux petites collectivités ne pouvant pas s'offrir des installations coûteuses pour fournir une eau potable qui manque souvent.

Vu :

LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,

P. COURMONT

Vu :

LE DOYEN,

L. HUGOUNENQ

Vu et permis d'imprimer :

Lyon, le 18 septembre 1919.

POUR LE RECTEUR ET PAR DÉLÉGATION,

LE VICE-PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ,

C. DEPÉRET.

BIBLIOGRAPHIE

- ARBINET (E.), la Javellisation des eaux en campagne (*Revue d'Hygiène et de Police sanitaire*, 20 février 1918, p. 98).
- BANTI, la Stérilisation de l'eau avec la teinture d'iode (*Revue d'Hygiène et de Police sanitaire*, avril-mai 1917, p. 319 ; analyse de la *Presse médicale*, 1917, p. 56).
- BONJEAN, Emploi des eaux de Javel, hypochlorites, permanganates, peroxydes dans l'assainissement des eaux de boisson (*Revue d'Hygiène et de Police sanitaire*, 20 août 1915).
- CATHOIRE, Appareil de javellisation automatique pour l'épuration des eaux de boisson (*Revue d'Hygiène et de Police sanitaire*, juillet-août 1917).
- CATHOIRE et BRU, Etude sur la javellisation des eaux de boisson en campagne (*Revue d'Hygiène et de Police sanitaire*, 20 août 1916, p. 673).
- CAYREL, MASSY, PIAULT et VILA, Contribution à l'étude des procédés de javellisation des eaux en campagne (*Annales d'Hygiène et de Médecine légale*, mars 1917).
- COLMET-D'ANGE, les Voitures d'eau potable (*Annales d'Hygiène publique et de Médecine légale*, janvier 1916).
- CÔMTE, Stérilisation par javellisation des eaux potables destinées aux troupes (*Annales d'Hygiène publique et de Médecine légale*, janvier 1917).
- DIENERT, Stérilisation des eaux par l'ozone, les rayons ultraviolets et la javellisation (*Comptes rendus du XV^e Congrès international d'Hygiène et de Démographie*, Washington, 23-28 septembre, 1912).
- Nouveaux perfectionnements dans la javellisation des eaux (*Technique sanitaire et municipale*, février 1917, p. 47).

- DOIZY, l'Alimentation en eau potable dans les régions envahies (*Revue d'Hygiène et de Police sanitaire*, 20 novembre 1916, p. 150).
- DOPTER et ROUQUETTE, Epuration des eaux d'alimentation publique par les composés oxychlorés (*Paris médical*, août 1912).
- DOPTER et RIEUX, la Javellisation des eaux de boisson aux armées françaises pendant la guerre (*Bulletin de l'Académie de Médecine*, séance du 10 juin 1919).
- HERMANN (Léon), Thèse de Paris, 1916-1917.
- GOLSE, Contrôle de l'épuration des eaux par javellisation après élimination du chlore actif par l'hyposulfite de soude (*Annales d'Hygiène publique et de Médecine légale*, août 1917).
- GROSHEINTZ, Pour javelliser une conduite d'eau (*Revue d'Hygiène et de Police sanitaire*, 20 février 1916 ; compte rendu de l'Académie des Sciences du 17 janvier 1916).
- MARTEL (E.-A.), la Guerre et l'eau potable. Contamination des eaux souterraines (*Revue d'Hygiène et de Police sanitaire*, 20 mai 1915, p. 449).
- ORTICONI, Dispositif de javellisation continue pour une installation à gros débit. Résultats bactériologiques (*Revue d'Hygiène et de Police sanitaire*, 20 décembre 1916).
- RIEUX, Etude comparée de l'épuration des eaux potables dans les armées alliées (*Revue d'Hygiène et de Police sanitaire*, mai 1919, p. 478).
- ROCHAIX (A.), Recherche rapide de la contamination bactériologique des eaux de boisson (*Revue d'Hygiène et de Police sanitaire*, juillet-août 1917).
-

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION	9
CHAPITRE PREMIER. — Epuration des eaux de boisson au début de la guerre.	13
§ 1. Iode.	15
§ 2. Permanganate de potasse	16
§ 3. Composés osxychlorés.	18
§ 4. Qualités d'un procédé d'épuration des eaux en cam- pagne.	19
CHAPITRE II. — La javellisation : technique générale	22
§ 1. Le taux de javellisation; ses variations	24
§ 2. Excès de chlore; sa neutralisation	28
§ 3. Préparation et conservation de la solution titrée stéri- lisante	31
§ 4. Mélange et distribution de la solution stérilisante à l'eau de boisson	32
CHAPITRE III. — Les appareils à javellisation	37
§ 1. Les voitures du Touring-Club de France	37
§ 2. Les bateaux-filtres	39
§ 3. Javellisation continue de grands volumes d'eau	41
CHAPITRE IV. — La javellisation automatique.	44
§ 1. Poste de javellisation de Daours	45
§ 2. Appareil de Vila.	48
§ 3. Appareil de Piault	49
§ 4. Autojavelliseur de Bunau-Varilla	51
RÉSULTATS	55
CONCLUSIONS	59

